

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PCT

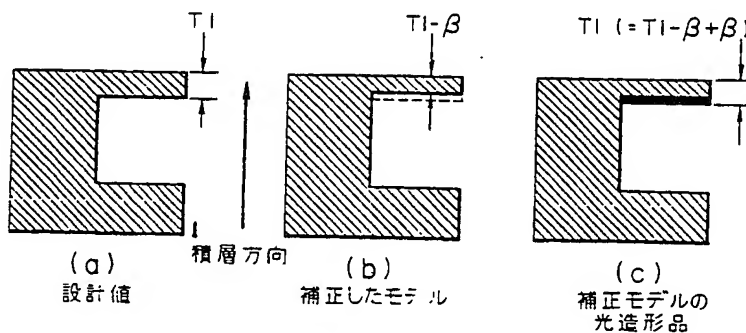
世界知的所有権機関
国際事務局

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類 B29C 67/00, 35/08, B23K 26/00 // B29K 105:24	A1	(11) 国際公開番号 WO 95/12485 (43) 国際公開日 1995年5月11日 (11.05.95)
(21) 国際出願番号 PCT/J P94/01841 (22) 国際出願日 1994年11月1日 (01. 11. 94) (30) 優先権データ 特願平5/274041 1993年11月2日 (02. 11. 93) JP 特願平5/276475 1993年11月5日 (05. 11. 93) JP 特願平6/68310 1994年4月6日 (06. 04. 94) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP] 〒101 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 Tokyo, (JP) (72) 発明者: および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 小澤雅彦 (OZAWA, Masahiko) [JP/JP] 〒244 神奈川県横浜市中区戸塚区吉田町1545 日立富士見寮217号 Kanagawa, (JP) 後藤典雄 (GOTO, Norio) [JP/JP] 〒152 東京都目黒区自由が丘2-8-30 Tokyo, (JP) 森谷真寿美 (MORITANI, Masumi) [JP/JP] 〒244 神奈川県横浜市中区戸塚区吉田町1545 八幡山アパート525号室 Kanagawa, (JP) 大久保賢勉 (OHKUBO, Masakatsu) [JP/JP] 〒329-44 栃木県下都賀郡大平町大字富田314-1 フラット大平325号室 Tochigi, (JP) 遠藤敏明 (ENDO, Toshiro) [JP/JP] 〒245 神奈川県横浜市中区泉区和泉町7410-5 Kanagawa, (JP)	(74) 代理人 弁理士 浅村 皓, 外 (ASAMURA, Kiyoshi et al.) 〒100 東京都千代田区大手町2丁目2番1号 新大手町ビル331 Tokyo, (JP) (81) 指定国 US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). 添付公開書類 国際調査報告書 <div style="text-align: center;"> </div>	

(54) Title : METHOD OF CORRECTING THICKNESS OF EXCESSIVE CURING OF PHOTOMOLDED ARTICLE AND APPARATUS THEREFOR

(54) 発明の名称 光造形物の余剰硬化厚さ補正方法および装置



(a) ... design value
 1 ... direction of lamination
 (b) ... corrected model
 (c) ... photomolded article of a corrected model

(57) Abstract

A photomolding method and an apparatus therefor, in which an ultraviolet curing resin is cured by laser radiation to form a three-dimensional model of resin. A dimensional deviation in surface shape data is automatically corrected in such a manner that in order to automatically correct a dimensional deviation, which is produced in excessive curing by a laser transmitted light, by automatically detecting overhang portions and a bottom surface of a molded article in surface shape data, apexes of a polygonal patch which constitutes the surface shape data are replaced by nodes, and those nodes which constitute the polygonal patch positioned at the bottom surface of the overhang portions are moved an amount of correction obtained from a value according to an inclination of the polygonal patch surface to modify configuration and position of the polygonal patch, and molding is effected on the basis of the resulting data.

(57) 要約

本発明はレーザ照射により紫外線硬化樹脂を硬化させ立体樹脂モデルを作成する光造形方法および装置において、レーザ透過光による余剰硬化で生じる寸法偏差を、表面形状データにおいてオーバーハング部および造形物の底面を自動的に検出し寸法偏差の自動補正を行なうために、表面形状データを構成する多角形パッチの頂点をノードに置き換え、オーバーハング部底面に位置する多角形パッチを構成するノードをパッチ面の傾きに従う値から得られる補正量分移動させて多角形パッチの形状および位置を変更する、という方法で自動的に表面形状データにおいて寸法偏差を補正しておき、そのデータを基に造形を行なう。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AM	アルメニア	DK	デンマーク	LI	リヒテンシュタイン	PT	ポルトガル
AT	オーストリア	EE	エストニア	LK	スリランカ	RO	ルーマニア
AU	オーストラリア	ES	スペイン	LR	リベリア	RU	ロシア連邦
BB	バルバドス	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SD	スーダン
BE	ベルギー	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SE	スウェーデン
BF	ブルキナ・ファソ	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SI	スロヴェニア
BG	ブルガリア	GB	イギリス	MC	モナコ	SK	スロヴァキア共和国
BJ	ベナン	GE	グルジア	MD	モルドバ	SN	セネガル
BR	ブラジル	GN	ギニア	MG	マダガスカル	SZ	スワジランド
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ	ML	マリ	TD	チャード
CA	カナダ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	TG	トーゴ
CF	中央アフリカ共和国	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	TJ	タジキスタン
CG	コンゴ	IT	イタリア	MW	マラウイ	TT	トリニダード・トバゴ
CH	スイス	JP	日本	MX	メキシコ	UG	ウガンダ
CI	コート・ジボアール	KE	ケニア	NE	ニジェール	US	米国
CM	カメルーン	KG	キルギスタン	NL	オランダ	UZ	ウズベキスタン共和国
CN	中国	KP	朝鮮民主主義人民共和国	NO	ノルウェー	VN	ベトナム
CZ	チェコ共和国	KR	大韓民国	NZ	ニュージーランド		
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	PL	ポーランド		

明 細 書

光造形物の余剰硬化厚さ補正方法および装置

5 技術分野

本発明はレーザ照射により紫外線硬化樹脂を硬化させ立体樹脂モデルを作成する光造形方法およびその装置に係り、特にレーザ透過光による余剰硬化厚さを補正することで寸法精度に優れた光造形物を提供するための方法
10 および装置に関する。

背景技術

従来、光造形方法および装置は、丸谷他：光造形法：日刊工業新聞社に記載のように三次元形状モデルデータを等高線データに変換し、等高線ごとの断面形状に従い
15 順次積層し立体モデルを作成する方法は知られている。

精度向上策については、特公平4-79825号公報、特公平4-79827号公報、特公平5-33900号公報及び特公平5-33901号公報に記載されている。

20 また、RP & M・SLA特別セミナー：日本3Dシステム主催：'92.10.29-30では、樹脂層へのレーザ照射を一回走査した場合の硬化深さとレーザが交差したときの硬化深さでは、交差した部分の硬化深さの方が約1.7倍深くなる、と記載されている。

25 上記従来技術はオーバーハング底面部のレーザ透過光

による余剰硬化厚さの補正について配慮されていなかった。このため該部の下部においては、レーザ透過光により未硬化樹脂が硬化し設計厚さ以上となり、寸法精度を低下させる問題があった。

- 5 さらに、造形物の寸法を設計値と揃えるには削るといった二次加工の工程が必要となるが、狭い隙間では削ることが不可能な場合もあり、寸法偏差の補正が必要であった。

- 10 寸法偏差の補正方法としては、三次元CADにおいて設計寸法を修正するという方法もあるが、CADでの寸法修正は容易ではなく、手間がかかるという問題がある。

発明の開示

- 15 本発明の目的は上記のような問題を解決し、造形物およびオーバーハング部の底面を自動検出し、光造形技術の本質的な寸法偏差を自動的に補正処理する方法を提供することにある。

- 20 また、上記目的を達成するために、表面形状データを構成する多角形パッチの頂点をノードに置き換え、オーバーハング部底面に位置する多角形パッチを構成するノードを移動させて該多角形パッチの形状および位置を変更する、という方法で自動的に表面形状データにおいて上記寸法偏差を補正しておき、該データを基に造形を行なう。

- 25 また、上記目的を達成するために、オーバーハング底

面部における余剰硬化厚さ α を下記の式(1)で求め、あらかじめ三次元形状モデル内の設計値で上記余剰硬化厚さ α を削除しておき等高線データに変換する。

余剰硬化のプリ補正として、オーバーハング部の造形
5 の積層数を N 、積層ピッチを P 、樹脂の光吸収係数を k 、硬化光の波長を λ 、硬化光の照射エネルギーに対する樹脂硬化の臨界エネルギーの比を E_0 としたとき、余剰硬化厚さ α を、

$$\alpha = -\lambda / k \left(\ln(E_0) - \ln(C) \right) - P \quad \dots \dots \dots (1)$$

10

ここで、

$$C = (1 - B^N) / (1 - B)$$

$$B = \exp(-kP / \lambda) \quad \text{とする。}$$

また、上記式(1)から求めた余剰硬化厚さ α 分の等高線
15 データの削除および追加を行なうことで、寸法精度の良い光造形物を得る。

余剰硬化厚さ α の求め方を図5及び図11(a)及び(b)を用いて説明する。

積層ピッチを P 、第1硬化層の上面からの深さを D 、積
20 層数を N 、樹脂の光吸収係数を k とすると、 N 層積層時の深さ D での透過光エネルギー $E_n(D, N)$ は
 $E_n(D, N) = \exp(-k(D + (N-1)P) / \lambda)$
である。

ここで、積層にともない第1層下部では何回も透過光が
25 照射されるから、その累積エネルギーを $E_{total}(D,$

N) とすれば

$$\begin{aligned}
 E_{total}(D, N) = & EXP(-kD/\lambda) \\
 & + EXP(-k(D+P)/\lambda) \\
 & + \\
 & \cdot \\
 & \cdot \\
 & + EXP(-k(D+(n-1)P)/\lambda)
 \end{aligned}$$

ここで

$$\begin{aligned}
 A &= EXP(-kD/\lambda) \\
 B &= EXP(-kP/\lambda)
 \end{aligned}$$

とすれば

$$E_{total}(D, N) = A(1 + B + B^2 + \dots + B^{(n-1)})$$

両辺の対数をとると

$$\ln(E_{total}(D, N)) = -kD/\lambda + \ln(C)$$

$$15 \quad \text{ここに、} c = (1 - B^n) / (1 - B)$$

よって

$$D = -\lambda/k(\ln(E_{total}(D, N)) - \ln(C))$$

D は第 1 層の上面からの深さであること、

また、 $E_{total}(D, N)$ も臨界硬化パワー（照射パワー

20 に対する比）とすれば N 層積層したときの余剰硬化の厚さ α は

$$\alpha = D - P(n-1)$$

となる。

さらに、上記目的を達成するために、表面形状データ
25 を構成する多角形パッチのパッチ面の法線ベクトルの向

きを調べて、オーバーハングであるか否かを判別するとともにパッチを構成する頂点をノードに置き換えて整理し、そのノードがオーバーハング部底面に位置する多角形パッチを構成するノードであるかを識別して、オーバーハング部底面に位置する多角形パッチを構成するノードであるとき、そのノードをパッチ面の傾きに従って所定規則により定まる移動量で移動させて該多角形パッチの形状および位置を変更する。このとき複数のパッチで共有されるノードにおいてはそれぞれパッチ面の傾きで定まる移動量の中から最大値で移動するパッチ面の法線ベクトルの向きを調べることによりそのパッチ面がいずれの方向に面しているかが判る。法線ベクトルのZ軸成分が負であれば、そのパッチ面はZ軸に対し下方向に向いている。すなわちZ軸方向を上下方向に取ればそのパッチはオーバーハング底面部に位置することが識別できる。パッチの向きの判別により、パッチを構成する頂点を単に移動補正すると、複数のパッチに共有される頂点において移動量が異なる場合があり、形状が乱れる。このため多角形パッチの頂点をノードとして整理し、そのノードがオーバーハング底面に位置するかを前述した方法によりパッチの向きを調べることにより識別してノードを移動させる。その後再び各パッチ頂点座標に戻すことにより形状の乱れなく補正することができる。以上のような方法で自動的に表面形状データにおいて上記寸法偏差を補正しておき、該データを基に造形を行なう。

本発明において、レーザ透過光の余剰硬化厚さを等高線データ上での置き換えまたは三次元形状モデル設計値上での削除することにより、造形物の寸法精度が向上する。

- 5 また、本発明においては、光造形技術の本質的な寸法偏差を表面形状データ上で、自動的に補正することが可能となり、補正後の表面形状データを基に造形を行なうことで光造形物の寸法精度が向上する。また、上記補正処理は自動的に行なえるため、寸法偏差補正の効率が向上する。さらに、削るといった二次加工の工程が省略される。

図面の簡単な説明

- 15 第1図は、本発明の第1実施例を示すモデル断面図である。

第2図は、本発明の第1実施例においてオーバーハング部に角度をつけたモデル断面図である。

第3図は、本発明の第1実施例における余剰硬化厚さを補正する方法を示すフローチャートである。

- 20 第4図は、本発明の第2実施例を示すモデル断面及び等高線データ断面図である。

第5図は、本発明の第2実施例における余剰硬化厚さを補正する方法を示すフローチャートである。

- 25 第6図は、余剰硬化厚さの補正を行わない従来例を示す断面図である。

第 7 図は、本発明の第 3 実施例を示すオーバーハング部底面の余剰硬化による寸法偏差を表面形状モデルにて補正する処理方法の P A D 図である。

第 8 図は、本発明の第 3 実施例における表面形状データのフォーマットである。

第 9 図は、本発明の第 3 実施例における三角形パッチとノードとの関係を示す斜視図である。

第 1 0 図は、本発明の第 3 実施例におけるオーバーハング部のパッチの法線ベクトルを示す斜視図である。

10 第 1 1 図は、本発明の第 3 実施例における余剰硬化厚さを説明するための断面図である。

第 1 2 図は、本発明の第 3 実施例における積層厚さと寸法偏差との関係を説明するためのグラフである。

第 1 3 図は、本発明の第 3 実施例において、補正量を
15 オーバーハング部底面の傾きに依存する値とした場合の P A D 図である。

第 1 4 図は、本発明の第 3 実施例において、補正量をオーバーハング部底面の傾きに依存する値とした場合のモデルの断面図である。

20 第 1 5 図は、本発明の第 3 実施例において、法線ベクトルを多角形パッチの頂点から算出する場合の P A D 図である。

第 1 6 図は、本発明の第 4 実施例における表面形状データ補正処理を施して光造形を行う手順を示すブロック
25 図である。

第 17 図は、本発明の第 4 実施例における直径の設計値 $D = 10.0$ の穴を有するモデルの断面図である。

第 18 図は、本発明の第 5 実施例において、表面形状モデルによって補正する処理方法を示す PAD 図である。

5 第 19 図は、本発明の第 5 実施例における三角形パッチとノードとの関係を示す斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の各実施例を図面により説明する。

10 図 1 は、本発明の一実施例を示すモデル断面図である。

図 1 (a) は、オーバーハング部の厚さに設計値 $T1$ を用いて作成した三次元形状モデルの断面図である。図 1

(b) は、式(1)から求めた余剰硬化厚さ β をオーバーハング部の設計値 $T1$ から削除し、厚さ補正を施した三次

15 元形状モデルの断面図である。図 1 (c) は、図 1 (b) の補正したモデルを基に造形した光造形品の断面図であ

る。このように、オーバーハング部の厚さ設計値 $T1$ を持つ三次元形状モデルでは、オーバーハング部の余剰硬化厚さ β を設計値 $T1$ から差し引いた三次元形状モデル

20 に補正し造形するという方法により、補正モデルのオーバーハング部の厚さが設計値 $T1$ となり寸法精度の高い光造形品を得ることができる。

図 2 は、本発明の一実施例を示すモデル断面図である。

図 2 (a) は、オーバーハング部の厚さに設計値 $T2$ を

25 用いて作成した三次元形状モデルの断面図である。図 2

(b) は、式(1)から求めた余剰硬化厚さ γ をオーバーハング部の設計値 T_2 から削除し、厚さ補正を施した三次元形状モデルの断面図である。図2(c)は、図2(b)の補正したモデルを元に造形した光造形品の断面図である。このように、オーバーハング部が積層方向に対し垂直でない場合にも式(1)が適用でき、余剰硬化厚さ γ を設計値 T_1 に対し補正した形状モデルから、オーバーハング部の厚さが設計値 T_1 と寸法精度の高い光造形品を得ることができる。

10 図3は、本発明の第一の実施例であるオーバーハング底面部の余剰硬化厚さを三次元形状モデルにて補正し寸法精度の良い光造形品を得るためのフローチャートである。

まず、設計値に従い三次元形状モデルをモデリングし、このモデルデータを基に等高線データ変換を行なう。各等高線の上下の位置関係からオーバーハング部の有無を判定する。オーバーハング部が無い場合には余剰硬化厚さに関係無いためそのまま造形を行なう。オーバーハング部が検出されたときは、設計値に従って入力された三次元形状モデルを呼び出す。オーバーハング部の設計上の厚さを式(1)に代入し、余剰硬化厚さを求めオーバーハング部の厚さを補正した三次元形状モデルを作成する。余剰硬化厚さを補正した三次元形状モデルを等高線データに変換し、この等高線データを用い光造形を行なう。

25 図4は、本発明の第二の実施例を示す等高線およびモ

デル断面図である。図 4 (a) はオーバーハング部の厚さに設計値 T_1 を用いて作成した三次元形状モデルの等高線断面図である。図 4 (b) は、式(1)から求めた余剰硬化厚さ β をオーバーハング部の設計値 T_1 から削除した等高線断面図である。図 4 (c) は、オーバーハング部以外の削除されたデータを追加した等高線データ断面図である。図 4 (d) は、図 4 (c) の補正したモデルを元に造形した光造形品の断面図である。

図 5 は、第二の実施例であるモデル等高線データの削除および追加によりオーバーハング部の余剰硬化厚さを補正し、寸法精度の良い光造形品を得る方法および該方法を備えた装置のフローチャートである。

図 6 は従来例を示すもので、図 6 の (a) に示すようにオーバーハング部の厚さの設計値を T_1 とし、積層方向を矢印のように設定し、(b) に示すように所定積層ピッチの等高線データに変換して光造形すると、硬化のためのレーザ光は矢印と逆の向き（オーバーハング上面側）から照射するので、オーバーハング下部においてはレーザ透過光により本来硬化させたくない未硬化樹脂が硬化してしまい、(c) に示すようにオーバーハング部の底面側に余剰硬化を生じ、底面側突出となり、オーバーハング部の厚さは設計値 T_1 よりも厚い $T_1 + \alpha$ となり、寸法精度を低下させる問題があった。

図 7 は、本発明の第 3 実施例を示すオーバーハング部底面の余剰硬化による寸法偏差を表面形状データにて補

正する処理方法のPAD図である。

まず、補正を行なうための表面形状データファイルを指定する。表面形状データとは三次元形状モデルの表面を少なくとも3頂点を有する多角形パッチの集合で表現したものであり、本実施例では三角形パッチについて示す。図8に表面形状データファイルのフォーマットを示す。法線ベクトルとパッチを構成する3頂点の三次元座標が記載され、各パッチのデータ間は区切りマークにて区別されている。次に、上記表面形状データファイルの

10 パッチの3頂点の座標および法線ベクトルを順次読み込み、全パッチ数をカウントする。次に、読み込んだ頂点座標にノード番号を付けていき、先に読み込んだパッチの頂点座標と一致するものには同一のノード番号を付ける。さらに、各パッチがいずれのノードで構成されるかを記憶させる。次にオーバーハング部検出のため、法線ベクトルについてそのZ成分の正負を判定する。Z成分が負、すなわちパッチ面が下に向いている場合には、該パッチはオーバーハング部底面あるいは造形物底面に位置するため、該パッチを構成するノードに、オーバーハ

15 ング部底面に位置することを示すフラッグを立てる。これをすべてのパッチについて繰り返す。以上の操作は、パッチデータを読み込みながら、随時行なっても全体としての処理は同様である。

次に、補正量として余剰硬化厚さ α を設定する。余剰

25 硬化厚さ α の求め方については前述実施例において述べ

た。次いで、全ノードのフラッグを調べ、上記フラッグが立っているノードについて、そのノードのZ座標に補正量を加算し、補正後のZ座標値を各ノードの新たな座標値として置き換える。置き換えたノードの新座標をもってパッチを構成する頂点座標を書き直す。ここで、パッチの面傾きに変更が生じているので、該パッチの法線ベクトルを補正後のZ座標を用いて算出する。補正後の頂点座標および法線ベクトルから、読み込んだデータフォーマットと同じフォーマットで新たな表面形状データファイルを作成する。

補正量の設定については、Z補正以前のどの段階で行なっても全体としての処理は同様である。

ここで何故パッチの頂点にノード番号付けを行ない、Z座標の補正をノードにて処理するのかを説明する。図9は上記表面形状データの三角形パッチの図である。図9(a)は隣り合う二つのパッチA, Bについて示したもので、パッチAはオーバーハング部底面に位置しており、パッチBはオーバーハング部ではない。各パッチの頂点を a_1 , a_2 , a_3 , b_1 , b_2 , b_3 , とする。

ここで、オーバーハング部底面にあるパッチAの形状を変更する際に頂点 a_1 , a_2 , a_3 の座標値を移動した場合、三角形パッチAの形状は変更されたものの、パッチBと離れてしまいパッチAとパッチBの関係が保たれず不正なデータとなってしまう。通常の表面形状データの

合うパッチがこれらの頂点を共有しているという認識はない。図 9 (b) は三角形パッチ A, B が共有する頂点をノード n_1 , n_3 に置き換え、ノード n_1 , n_2 , n_3 を移動してパッチ A の形状を変更したものである。その結果、パッチ B の形状も同時に変更され、パッチ A, B は離れることなく両パッチの関係は保たれ正しいデータとなる。このように、モデルの表面を表す三角形パッチにおいて、隣合うパッチが共有する頂点をノードに置き換え、該ノードを移動させることにより、両パッチが離れたり、交差することなくその形状および位置を変更することができる。ここでは傾斜したオーバーハング底面を例に示したが、水平な場合も同様である。

次に、造形物底面あるいはオーバーハング部底面に位置するパッチを法線ベクトルで判定する方法について説明する。図 10 はオーバーハング部底面に位置する三角形パッチとその法線ベクトルである。モデルの積層方向を座標 Z 軸の正方向とし、該パッチで定まる平面に垂直で且つモデルの外側に向かう法線ベクトルを $a (X_a, Y_a, Z_a)$ とすると、Z 成分が、 $Z_a < 0$ ならば該パッチは下を向いているため、オーバーハング部底面に位置すると判定できる。このようにして、上記法線ベクトル Z 成分の正負を判定することによりオーバーハング部底面に位置するパッチを自動検出することを可能とした。

以上のような処理方法で、造形物底面およびオーバーハング部転面を自動検出し、表面形状データ上にて寸法

偏差を効率良く補正することができ、このデータを基に造形を行なうことにより寸法精度の高い光造形品を得ることができる。

本実施例では三角形パッチについて示したが、多角形
5 パッチについても処理は同様である。

ここで、余剰硬化厚さについて説明する。図 1 1 (a) に光造形で余剰硬化の原理を示す。余剰硬化は造形物のオーバーハング部底面を透過したレーザーの漏れ光が、オーバーハング部底面の未硬化樹脂を硬化することで生
10 じる。次に図 1 1 (b) は余剰硬化厚さ α の求め方を説明する図である。

図 1 2 に積層厚さと寸法偏差の関係を示す。このデータは水平なオーバーハング底面についての結果である。これより、 $\alpha = D - P (n - 1)$ の計算結果は実測値と
15 よく一致していることがわかる。

図 1 3 は本発明の第 3 実施例において補正量をオーバーハング部底面の傾きに依存する値とした場合の P A D 図である。オーバーハング部底面に位置するパッチを検出した後に、該パッチを構成するノードに補正量として
20 該パッチの傾きに依存する値を設定する。図 1 4 (a) は半径 $r = 3.0$ の穴をもつモデルの表面形状データに補正量を 1 として上記補正を施したモデルデータの断面図である。しかし、余剰硬化厚さはオーバーハング部底面の傾きに依存するため、このデータを基に光造形を行
25 なうと、寸法偏差が一樣ではなく右図のようないびつな

光造形モデルとなってしまう。図 1 4 (b) は補正量をオーバーハング部底面の傾きに依存する値として上記補正を施したモデルデータの断面図であり、このデータに基に光造形を行なうと、図のようなスムーズな穴形状が作成され、寸法精度の良い光造形モデルを得ることができる。

ここでの補正量の設定はオーバーハング部底面に位置するパッチの検出の後であれば、どの段階で行なっても全体としての処理は同様である。

10 以上のような処理方法で表面形状データに補正を施し、造形を行なうことにより寸法精度の高い光造形品を得ることができる。

図 1 5 は本発明の第 3 実施例において法線ベクトルを多角形パッチの頂点から算出する場合の P A D 図である。

15 表面形状データファイルに含まれる三角形パッチを構成する頂点の座標を読み込み、これらの頂点座標から該パッチの法線ベクトルを算出する。該法線ベクトルを用いてオーバーハング部に位置するパッチを判定する。法線ベクトルの算出はその Z 成分の正負を判定するより以前

20 の段階であれば、どの時点で行なっても全体としての処理は同様である。

以上のような処理方法で表面形状データに補正を施し、造形を行なうことにより寸法精度の高い光造形品を得ることができる。

25 図 1 6 は本発明の第 4 実施例を示すもので、上記の表

面形状データに補正処理を施して光造形を行なう手順である。3次元CADで形状モデルを作成し、それを光造形用表面形状データに変換し、該データにオーバーハング部の自動検出および寸法偏差自動補正という補正処理を施し、光造形を行なう。図17は直径の設計値 $D = 10.0$ の穴をもつモデルの断面図であり、図17 (a)は補正無しで、図17 (b)は上記補正処理を施して造形したモデルの断面図である。このように、本発明の手順に従い造形を行なうことにより、寸法精度の高い光造形品を得ることができる。

図18は、本発明の第5実施例を示すオーバーハング部底面あるいは造形物底面の余剰硬化による寸法偏差を隣接するオーバーハング部底面パッチの傾きの内の一つの傾き、ここでは造形方向軸に対して一番大きな傾きに従って所定規則により定まる値にて表面形状データを補正処理する場合のPAD図である。

ここで、まず何故パッチの頂点にノード番号付けを行ない、Z座標の補正をノードにて処理するのかを説明する。図19は上記表面形状データの三角形パッチの図である。図19 (a)は隣り合う二つのパッチA, B, C, Dについて示したもので、パッチAはオーバーハング部底面に位置しており、パッチBはオーバーハング部ではない。各パッチの頂点を $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3$ 、とする。ここで、オーバーハング部底面にあるパッチAの形状を変更する際に頂点 a_1, a_2, a_3 の座

標値を移動した場合、三角形パッチAの形状は変更されたものの、パッチBと離れてしまいパッチAとパッチBの関係が保たれず不正なデータとなってしまう。通常の表面形状データのパッチは、少なくとも3頂点で構成されているが、隣合うパッチがこれらの頂点を共有しているという認識はない。図19(b)は三角形パッチA、Bが共有する頂点をノードn1, n3に置き換え、ノードn1, n2, n3を移動してパッチAの形状を変更したものである。その結果、パッチBの形状も同時に変更され、パッチA, Bは離れることなく両パッチの関係は保たれ正しいデータとなる。このように、モデルの表面を表す三角形パッチにおいて、隣合うパッチが共有する頂点をノードに置き換え、該ノードを移動させることにより、両パッチが離れたり、交差することなく位置を変更することができる。ここでは傾斜したオーバーハング底面を側に示したが、水平な場合も同様である。

次に、該ノードに与える値を該ノードを共有するパッチの傾きが一番大きい値に設定する理由について説明する。パッチA, C, D処理によるパッチ傾きに従う値を β , β , γ かつ、 $\beta < \gamma$ とすると、図19(b)に示すようにパッチ処理の順序がパッチC, D, Aである場合ノードn2へのパッチ傾きに従う値は β , γ , β となり、ノードn5では β , γ となり、n2, n5のZ座標は異なりパッチは傾く弊害が生じる。図19(c)は共有ノードn2, n5に対する傾きに従う値を最大値に設定し

た場合の例である。パッチ処理の順番が A, C, D または C, D, A と異なっても、同一高さ上にあるノード n_2 , n_5 に与えられるパッチ傾きに従う値はいずれも γ となり、補正後のノード n_2 , n_5 の Z 座標は同一高さとなり形状の乱れは回避できる。

以上のような処理方法で、造形物底面およびオーバーハング部底面を自動検出し、表面形状データ上にて寸法偏差を効率良く補正することができ、このデータを基に造形を行なうことにより寸法精度の高い光造形品を得ることができる。

本実施例では三角形パッチについて示したが、多角形パッチについても効果は同様である。

以上述べたように本発明によれば、レーザ照射の繰返しによって生じる余剰硬化厚さを算出し、該厚さ分を三次元モデルデータまたは等高線データ上にて補正することで、積層方向に関し寸法精度の良い光造形品を得られる効果がある。

また、造形物の底面およびオーバーハング部の底面を自動検出し、該底面に生じる光造形技術の本質的な寸法偏差を、表面形状データ上にて補正することができ、さらに寸法偏差の補正は三次元 CAD に戻って手で修正する必要がなく、自動的に短時間で処理できる効果がある。

請 求 の 範 囲

1. 紫外線硬化樹脂にレーザを照射し硬化させ、該硬化物を積層していくことで光造形モデルを作成する光造形方法において、造形物のオーバーハング部底面を透過したレーザの漏れ光が、オーバーハング部底面の未硬化樹脂を硬化することで生じる余剰硬化厚さを、三次元の形状データあるいは積層用の等高線データであらかじめ補正することを特徴とする光造形方法。
- 10 2. 三次元形状モデルの形状データからオーバーハング部およびその厚さを検出し、その厚さに応じて所定値で補正する請求項1記載の光造形方法。
3. 紫外線硬化樹脂にレーザを照射し硬化させ、該硬化物を積層していくことで光造形モデルを作成する光造形方法において、造形物のオーバーハング部底面を透過したレーザの漏れ光が、オーバーハング部底面の未硬化樹脂を硬化することで生じる余剰硬化厚さを、三次元の形状データあるいは積層用の等高線データであらかじめ補正する光造形方法であって、三次元形状モデルの形状データからオーバーハング部およびその厚さを検出し、その厚さに応じて所定値で補正する際の補正值（余剰硬化厚さ α ）を、余剰硬化のプリ補正として、オーバーハング部の造形の積層数を N 、積層ピッチを P 、樹脂の光吸収係数を k 、硬化光の波長を λ 、硬化光の照射エネルギーに対する樹脂硬化の臨界エネルギーの比を E_0 とし
- 20
- 25

て、

$$\alpha = -\lambda / k (\ln (E_0) - \ln (C)) - P$$

ここに、

$$C = (1 - B^N) / (1 - B)$$

$$5 \quad B = \exp(-kP / \lambda)$$

として算出し、この余剰硬化分の形状データを削除および補正データとして追加することを特徴とした光造形方法。

4. 三次元形状モデルの表面を少なくとも3頂点を有する多角形パッチの集合で表す表面形状データを用いて立体形状モデルを造形するためのデータ処理において、各パッチについてパッチ面の法線ベクトルの方向により、造形物の底面あるいはオーバーハング部の底面部に位置するかを識別し、該パッチが前記底面部に位置すると識別された場合に該パッチを構成する頂点の座標を所定方向に所定値移動させることを特徴とするデータ処理方法。

5. 底面部に位置することの識別および座標移動において、パッチの頂点をノードに置き換え、造形物の底面あるいはオーバーハング部底面に位置する多角形パッチを該パッチの法線ベクトルのZ成分の正負で判定し、Z成分が負すなわちオーバーハング部底面に位置するパッチについては、該パッチを構成するノードにオーバーハング部底面に位置するというフラッグを立て、全ノードを調べて該フラッグの立ったノードのZ座標値に補正を施し、該ノードを頂点とする全ての多角形パッチの形状

および位置を変更するという処理方法により表面形状モデルデータを補正することを特徴とする請求項 1 記載のデータ処理方法。

5 6. 造形物の底面あるいはオーバーハング部底面に位置する多角形パッチを構成するノードの Z 座標値に施す補正量が、該オーバーハング部底面の傾きに依存することを特徴とした請求項 1 又は請求項 2 記載のデータ処理方法。

10 7. 該多角形パッチで定まる平面に垂直で且つモデル外側に向かう法線ベクトルを該多角形パッチを構成する頂点座標より算出し、該法線ベクトルの正負によりオーバーハング部底面に位置する多角形パッチを判定することを特徴とした請求項 1、請求項 2 又は請求項 3 記載のデータ処理方法。

15 8. 紫外線硬化樹脂にレーザを照射し硬化させ、該硬化物を積層していくことで光造形モデルを作成する光造形法およびその装置に使用することを特徴とする請求項 1、請求項 2、請求項 3 又は請求項 4 記載のデータ処理方法。

20 9. 三次元形状モデルの表面を少なくとも 3 頂点を有する多角形パッチの集合で表す表面形状データを用いて立体形状モデルを造形するためのデータ処理において、パッチの頂点を整理してノードに置き換え、造形物の底面あるいはオーバーハング部底面に位置する多角形パッチを該パッチの法線ベクトルの Z 成分の正負で判定し、
25

Z成分が負すなわちオーバーハング部底面に位置するパッチについては、該パッチを構成するノードにオーバーハング部底面に位置するというフラッグを立て、全ノードを調べて該フラッグの立ったノードのZ座標値に補正
5 を施し、該ノードを頂点とする全ての多角形パッチの形状および位置を変更する、このときノードのZ座標値に施す補正量をパッチの傾きに従って所定の値にするとともに、該ノードを共有する幾つかの該オーバーハング部底面パッチの傾きの内の最大の傾きに従う最大の補正量
10 にて補正するあるいはさらにノードを各頂点の座標にも度してパッチを座標で表現するよう復元するという処理方法により表面形状モデルデータを補正することを特徴とするデータ処理方法。

10. 余剰硬化のプリ補正として、オーバーハング部の造形の積層数をN、積層ピッチをP、樹脂の光吸収係数をk、硬化光の波長を λ 、硬化光の照射エネルギーに対する樹脂硬化の臨界エネルギーの比をE0としたとき、余剰硬化厚さ α を、

$$\alpha = -\lambda / k \cdot (\ln(E0) - \ln(C)) - P$$

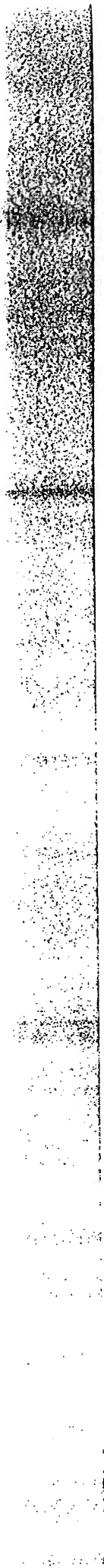
20 ここに、

$$C = (1 - B^N) / (1 - B)$$

$$B = \text{EXP}(-kP / \lambda)$$

として、三次元形状モデル内においてオーバーハング底面部および該部の積層厚さを α だけ減じて寸法をプリ補
25 正して形状を作成する光造形装置。

11. 紫外線硬化樹脂にレーザを照射し硬化させ、該硬化物を積層していくことで光造形モデルを作成する光造形法およびその装置において、請求項 9 のデータ処理機能を有しプリ補正することを特徴としたデータ処理方法。



1/17

FIG. 1

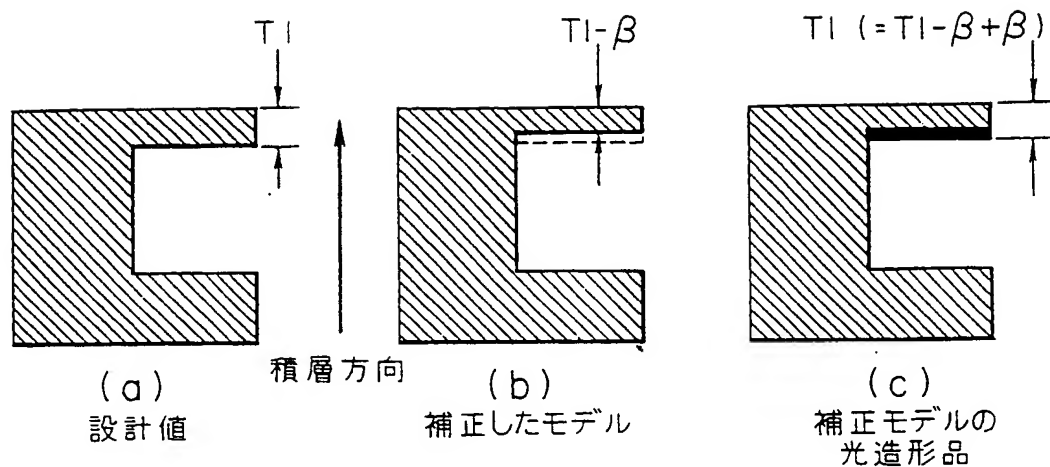
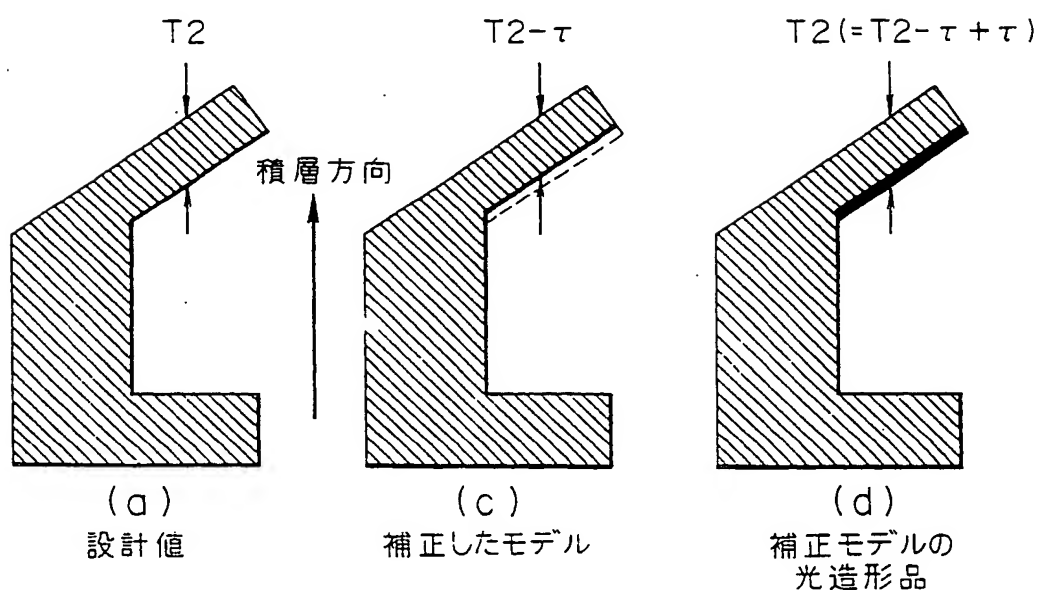


FIG. 2



2 / 17

FIG. 3

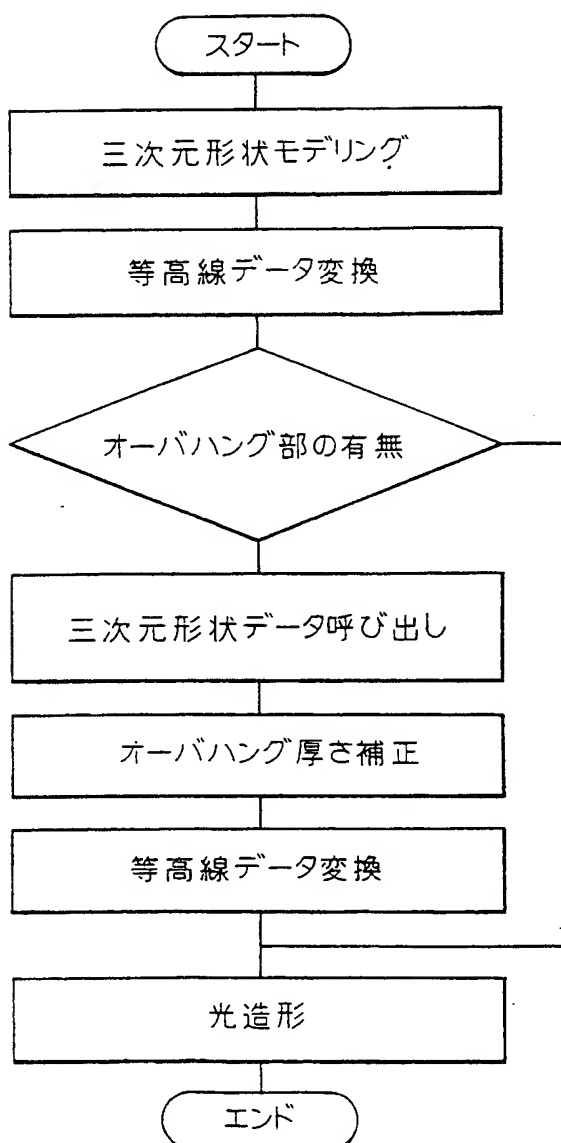
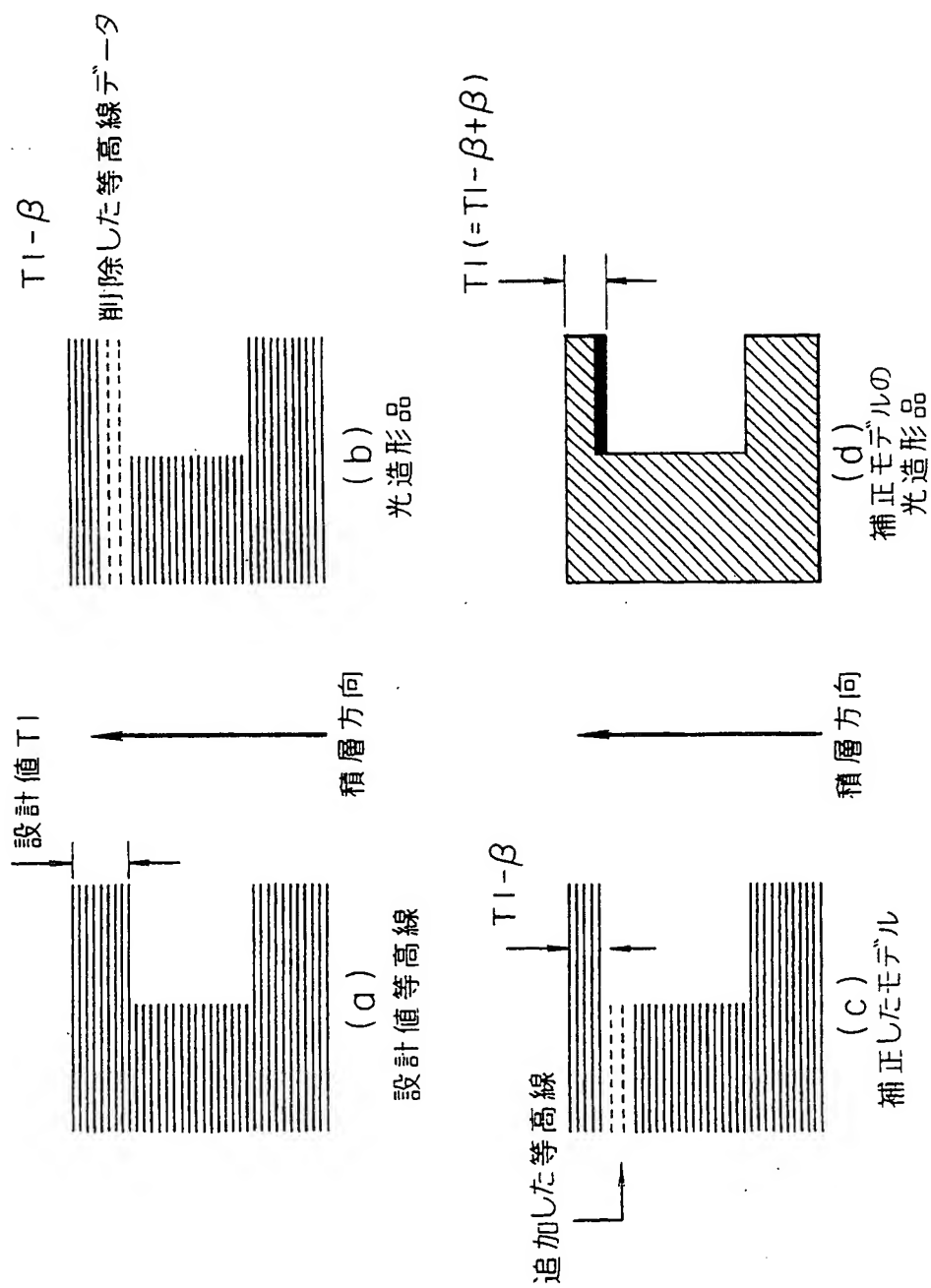


FIG. 4



4 / 17

FIG. 5

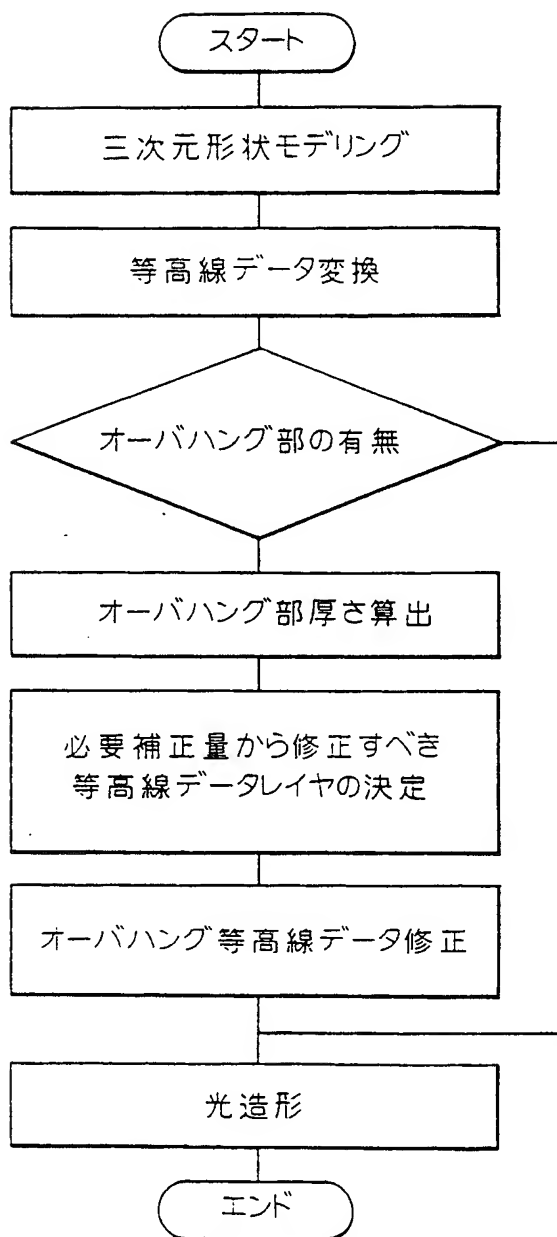
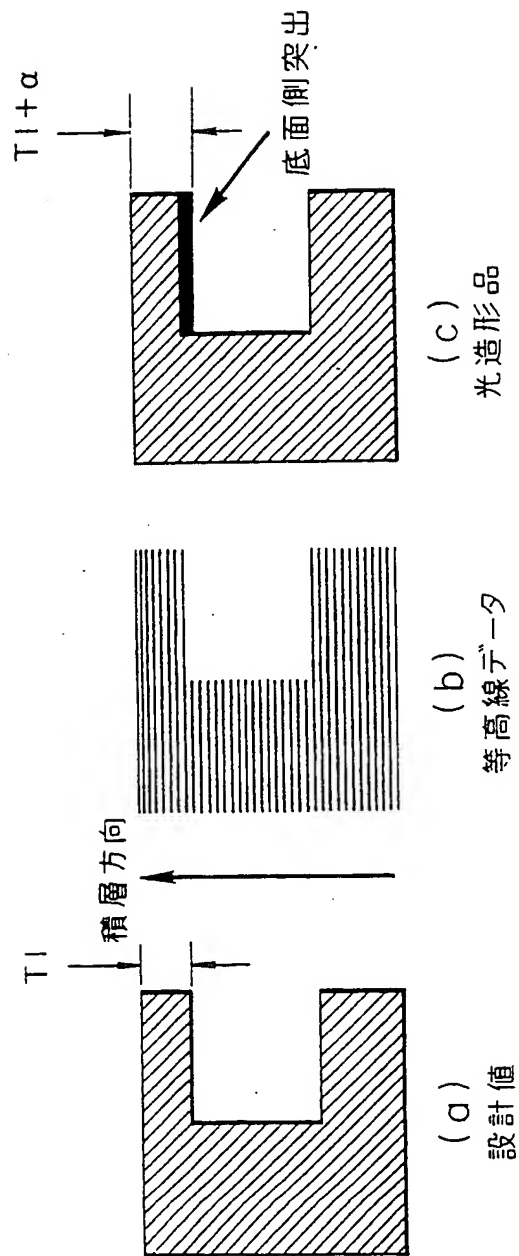
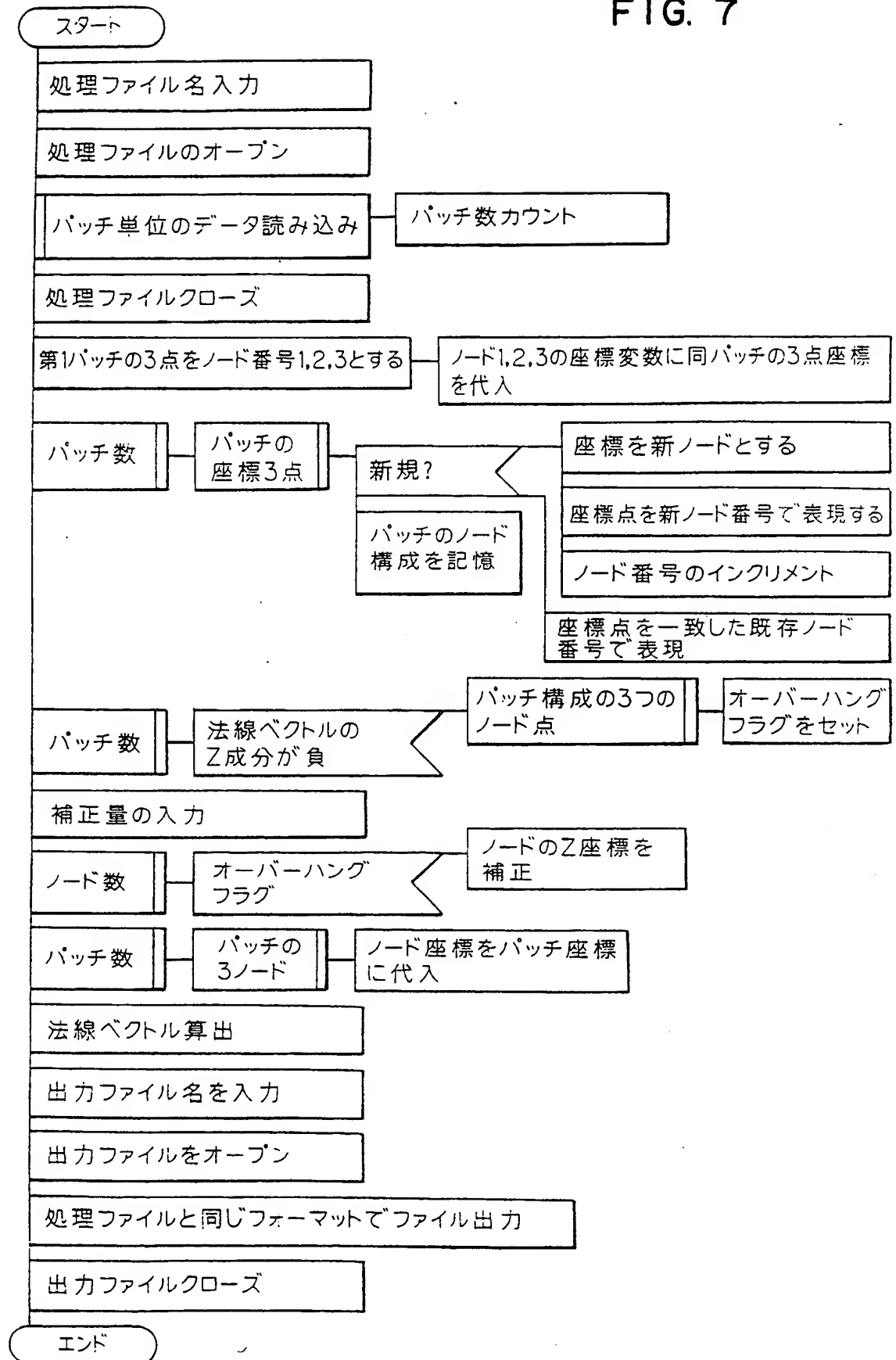


FIG. 6



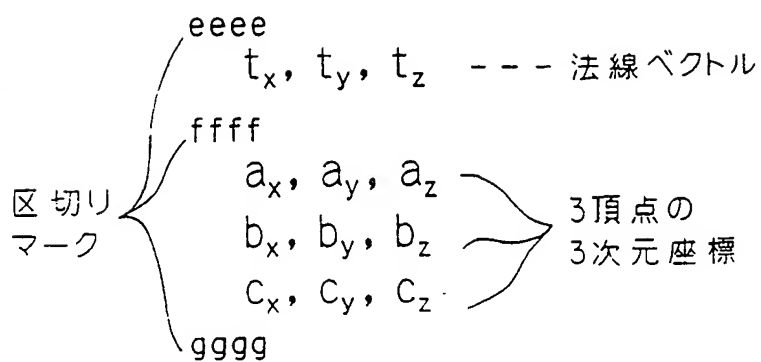
6/17

FIG. 7



7/17

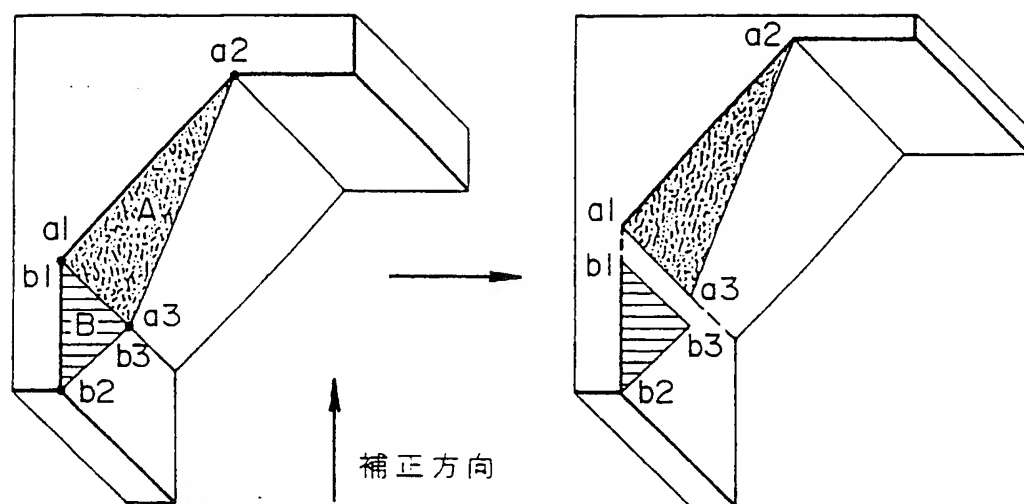
FIG. 8



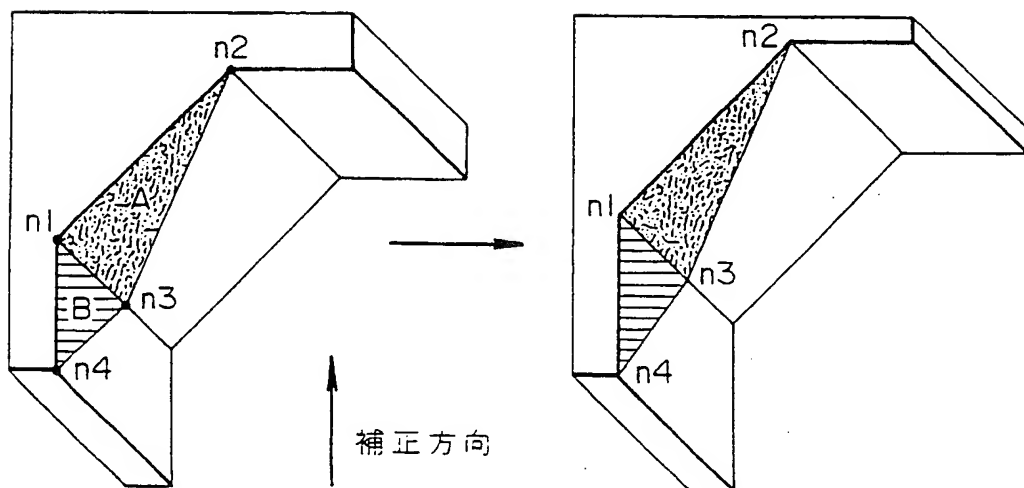
8/17

FIG. 9

(a)

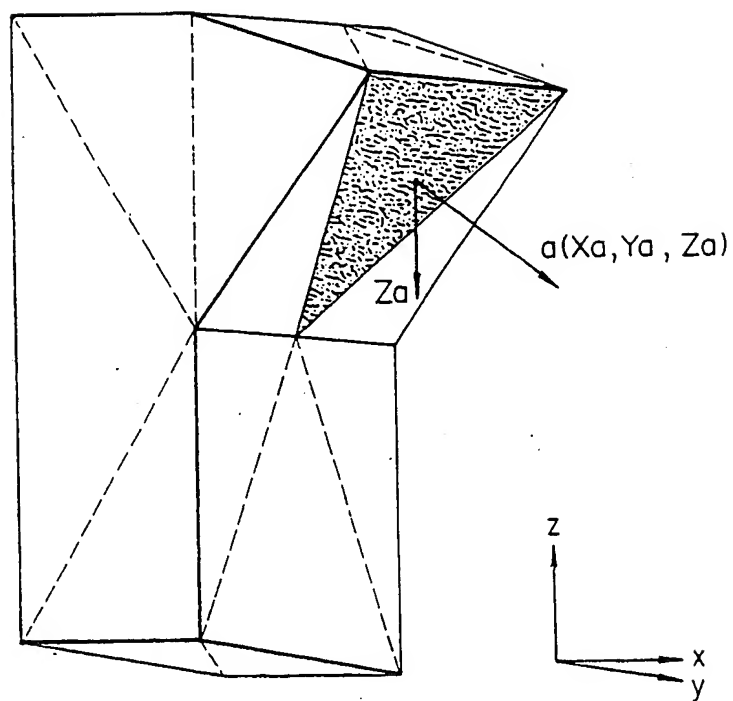


(b)



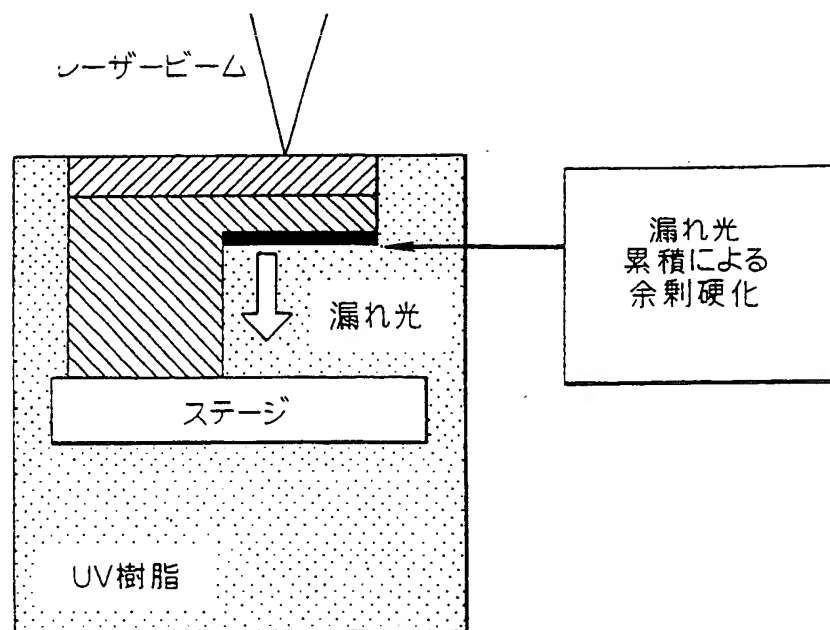
9/17

FIG. 10

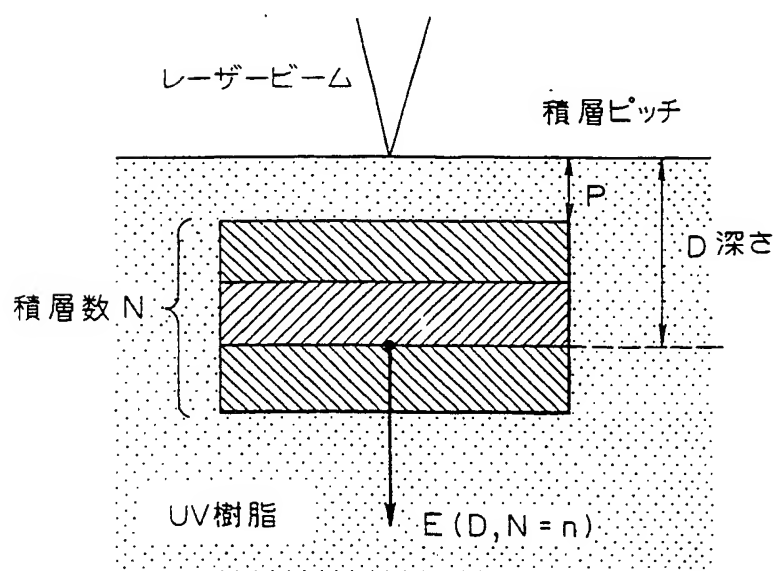


10/17

FIG. 11



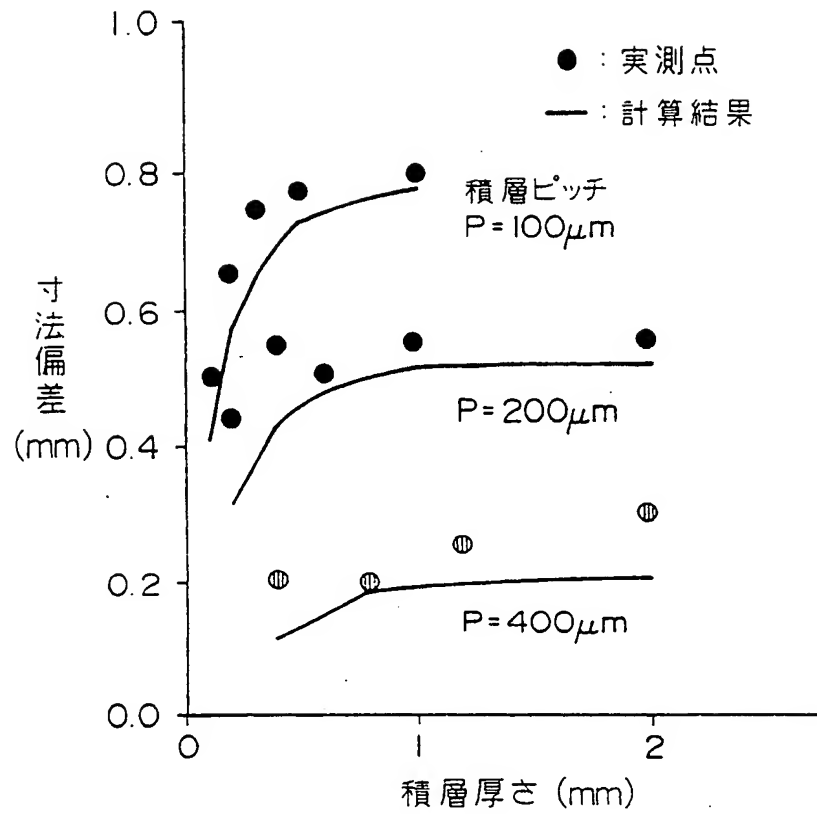
(a)



(b)

11/17

FIG. 12



積層厚さと寸法偏差の関係

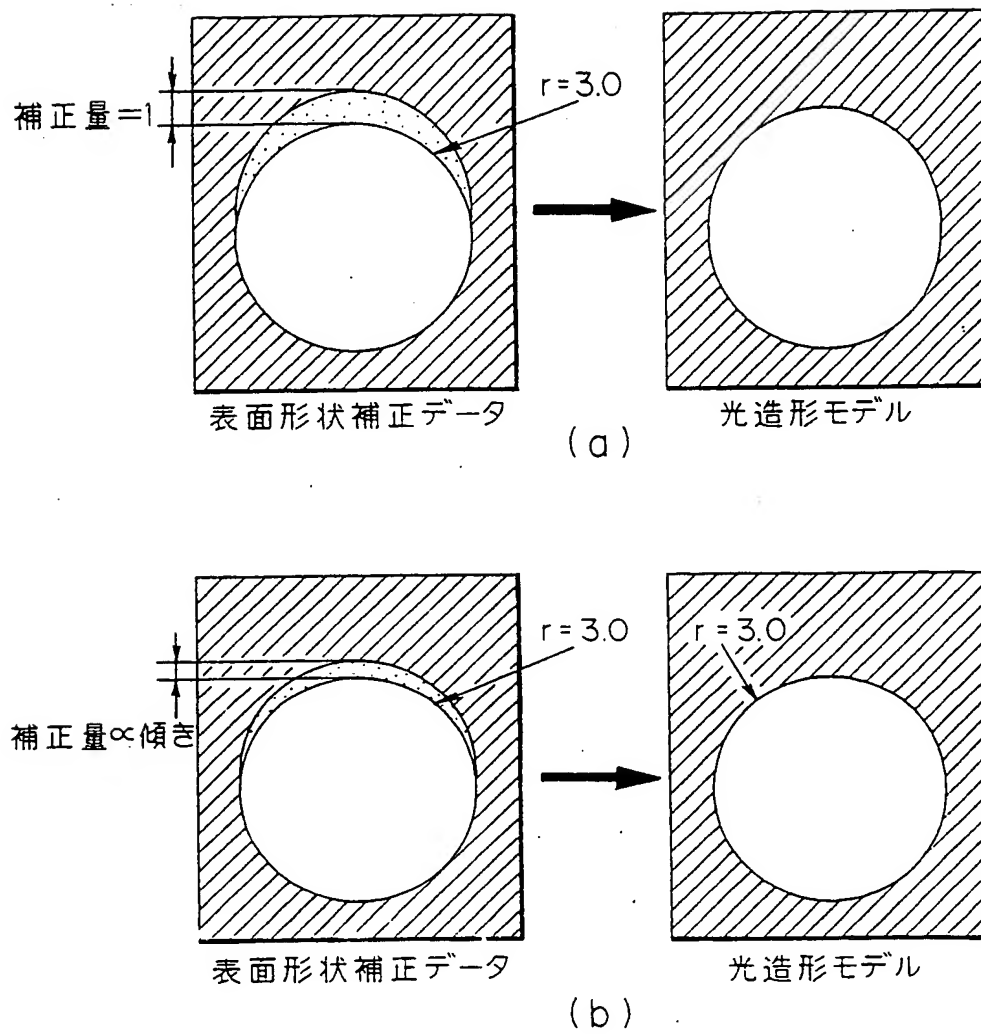
• • •

1



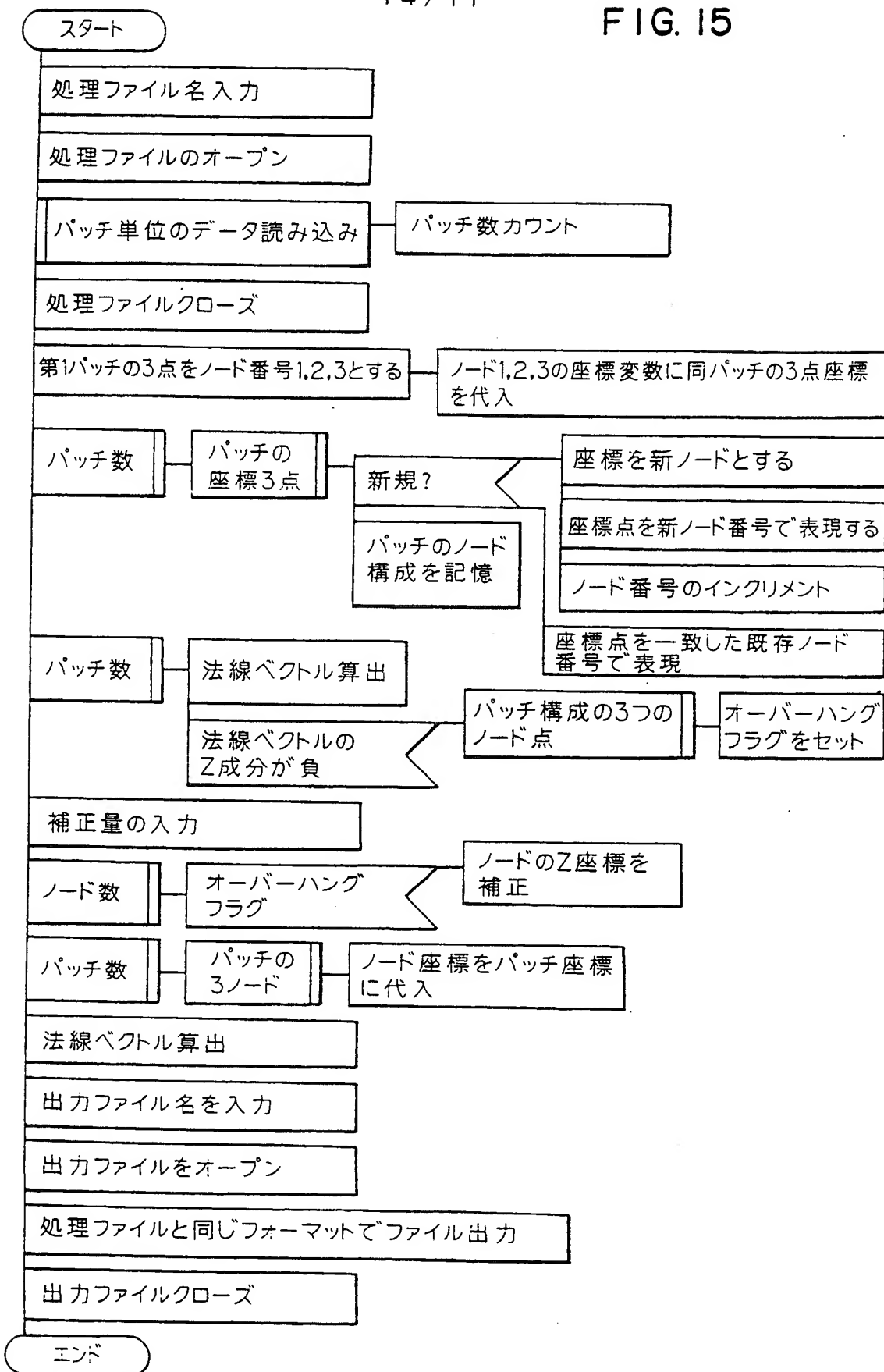
エンド

FIG. 14



14 / 17

FIG. 15



15/17

FIG. 16

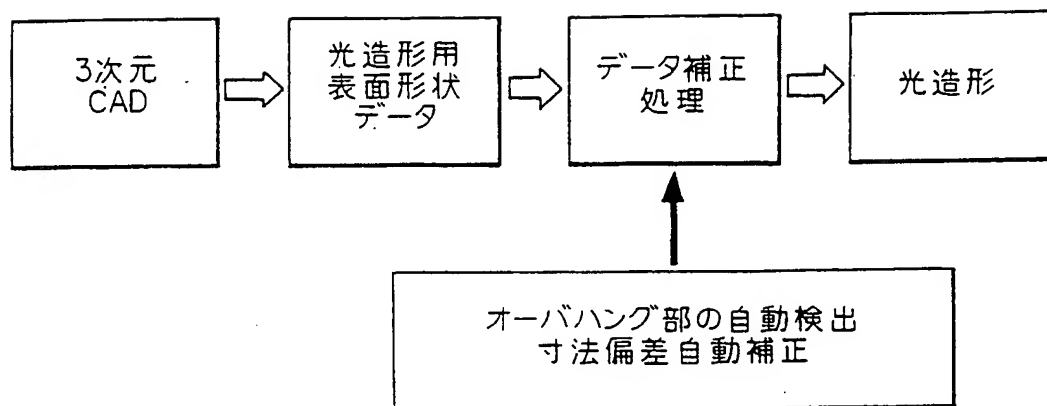


FIG. 17

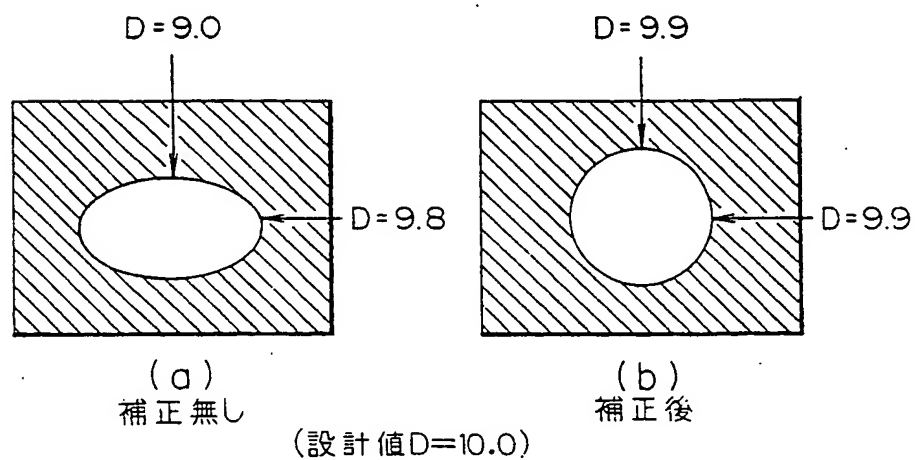
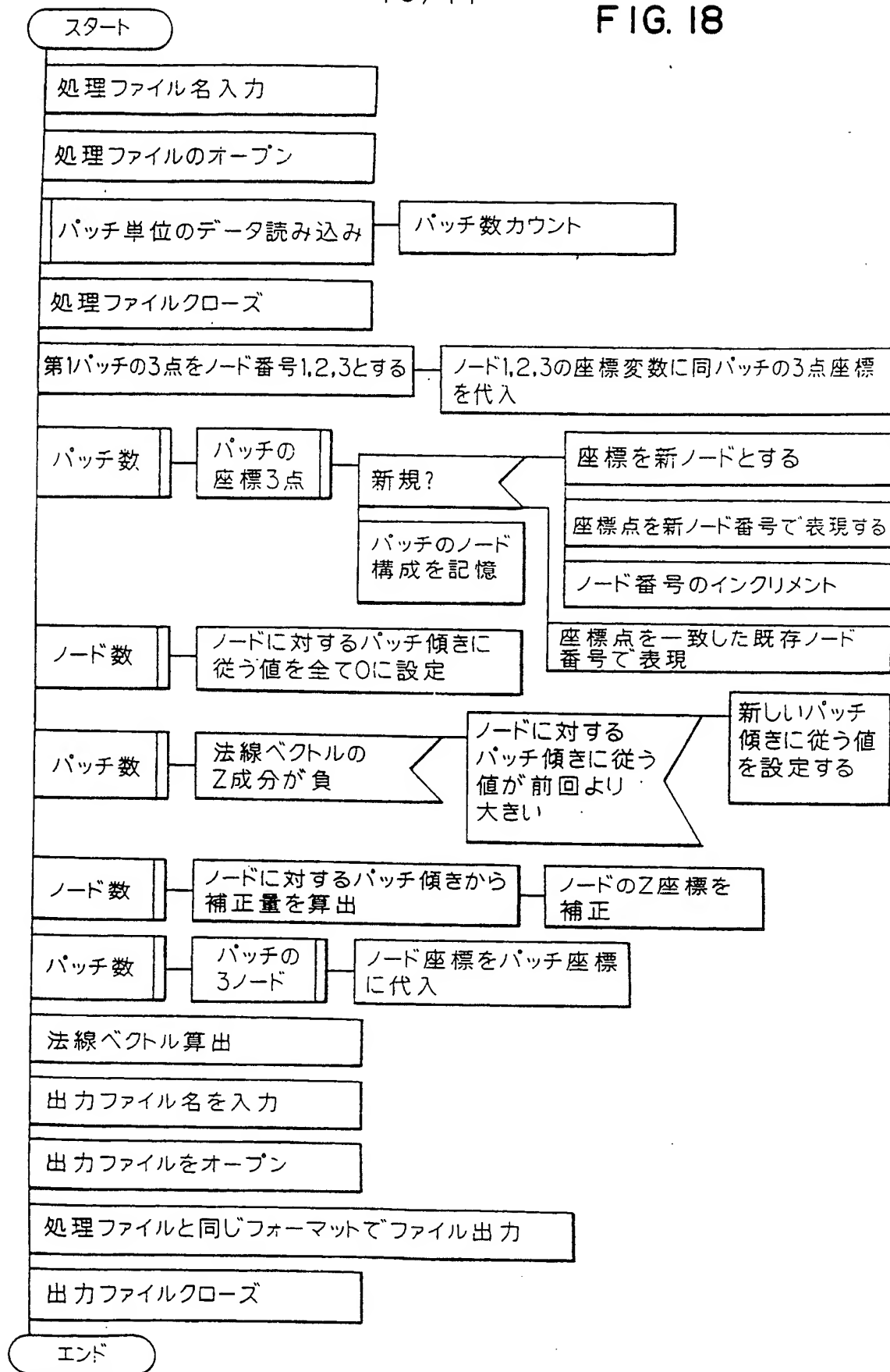


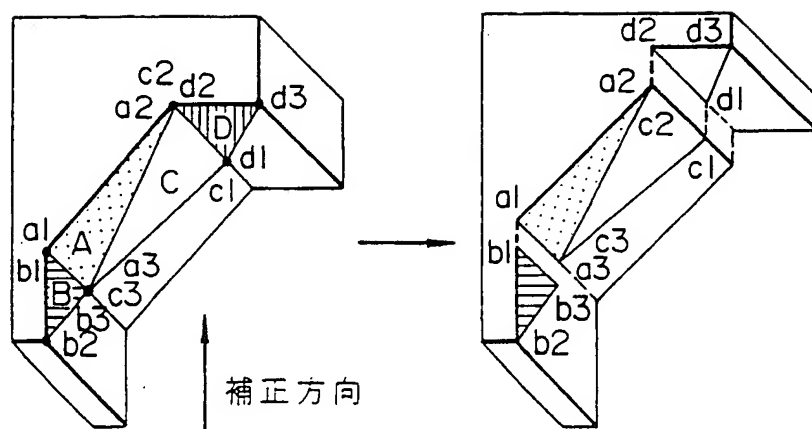
FIG. 18



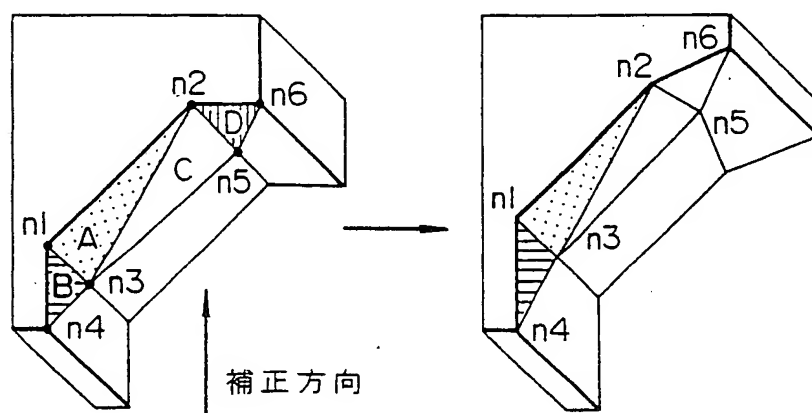
17/17

FIG. 19

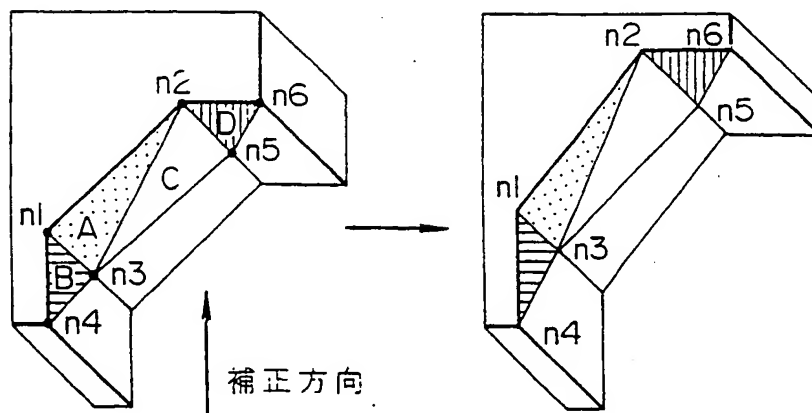
(a)

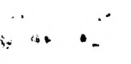


(b)



(c)





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP94/01841

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl⁶ B29C67/00, B29C35/08, B23K26/00 // B29K105:24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl⁶ B29C67/00, B29C35/08, B23K26/00, B29K105:24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1955 - 1994

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1994

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, A, 4-138245 (Sony Corp.), May 12, 1992 (12. 05. 92), Claim, 14th line from the bottom, lower left column, page 3 to line 13, upper right column, page 4, Figs. 1 to 3, (Family: none)	1-11
A	JP, A, 4-169221 (Mitsubishi Shoji Co., Ltd.), June 17, 1992 (17. 06. 92), Claim, line 9, upper right column, page 3 to line 12, lower right column, page 9, Figs. 1 to 14, (Family: none)	1-11
A	JP, A, 5-278124 (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), October 26, 1993 (26. 10. 93), Claim, line 33, column 2 to line 5, column 4, Figs. 1 to 5, (Family: none)	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

January 11, 1995 (11. 01. 95)

Date of mailing of the international search report

January 31, 1995 (31. 01. 95)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP 94 / 01841

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int. Cl.⁶ B29C67/00, B29C35/08, B23K26/00 //
 B29K105:24

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int. Cl.⁶ B29C67/00, B29C35/08, B23K26/00,
 B29K105:24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報

1955-1994年

日本国公開実用新案公報

1971-1994年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, A, 4-138245 (ソニー株式会社), 12. 5月. 1992 (12. 05. 92), 特許請求の範囲, 第3頁左下欄下から第14行-第4頁右上 欄第13行及び第1-3図 (ファミリーなし)	1-11
A	JP, A, 4-169221 (三菱商事株式会社), 17. 6月. 1992 (17. 06. 92), 特許請求の範囲, 第3頁右上欄第9行-第9頁右下欄第12 行及び第1-14図 (ファミリーなし)	1-11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日
若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献
(理由を付す)
- 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日
の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と
矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のため
に引用するもの
- 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規
性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文
献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性
がないと考えられるもの
- 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11. 01. 95

国際調査報告の発送日

31.01.95

名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

三 浦 均

4 F 2 1 2 6

電話番号 03-3581-1101 内線 3430

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, A, 5-278124 (松下電器産業株式会社), 26. 10月. 1993 (26. 10. 93), 特許請求の範囲. 第2欄第33行-第4欄第5行及び 第1-5図 (ファミリーなし)	1-11

